

Краткий справочник по физике.

Гридасов А.Ю. Новосибирск 1997г.

Файл содержит формулы из курса физики, которые будут полезны учащимся старших классов школ и младших курсов вузов. Все формулы изложены в компактном виде с небольшими комментариями. Файл также содержит полезные константы и прочую информацию.

Данный файл может быть напечатан и распространяться в некоммерческих целях без ограничений.

Фундаментальные константы.

Название константы.	Обозн.	Значение.	Измерение
Гравитационная постоянная.	G	$6,672 \cdot 10^{-11}$	$\text{Н} \cdot \text{м}^2 / \text{кг}^2$
Ускорение свободного падения	G	9,8065	$\text{м} / \text{с}^2$
Атмосферное давление	p_0	101325	Па
Постоянная Авогадро	N_a	$6,022045 \cdot 10^{23}$	Моль^{-1}
Объем 1 моль идеального газа	V_0	22,41383	$\text{м}^3 / \text{моль}$
Газовая постоянная	R	8,31441	$\bar{r}_1 = -\bar{r}_2$
Постоянная Больцмана	K	$1,380662 \cdot 10^{-23}$	Дж/К
Скорость света в вакууме	C	$2,99792458 \cdot 10^8$	$\text{м} / \text{с}$
Магнитная постоянная	μ_0	$4\pi \cdot 10^{-7} =$ $1,25663706 \cdot 10^{-6}$	Гн/м
Электрическая постоянная	ϵ_0	$8,8541878 \cdot 10^{-12}$	Ф/м
Масса покоя электрона	m_e	$9,109534 \cdot 10^{-31}$	кг
Масса покоя протона	m_p	$1,6726485 \cdot 10^{-27}$	кг
Масса покоя нейтрона	m_n	$1,6749543 \cdot 10^{-27}$	кг
Элементарный заряд	E	$1,6021892 \cdot 10^{-19}$	Кл
Отношение заряда к массе	e/m_e	$1,7588047 \cdot 10^{11}$	Кл/кг
Постоянная Фарадея	F	$9,648456 \cdot 10^4$	Кл/моль
Постоянная Планка	H $\hbar = \frac{h}{2\pi}$	$6,626176 \cdot 10^{-34}$ $1,054887 \cdot 10^{-34}$	Дж*с Дж*с
Радиус 1 боровской орбиты	a_0	$0,52917706 \cdot 10^{-10}$	м
Энергия покоя электрона	$m_e c^2$	0.511034	МэВ
Энергия покоя протона	$m_p c^2$	938.2796	МэВ
Энергия покоя нейтрона	$m_n c^2$	939.5731	МэВ

Система единиц.

Приставки Си.

пристав.		по- ряд.	пристав.		по- ряд.	пристав.		по- ря- док	Пристав.		по- ря- док
экса	Э	18	мега	М	6	деци	д	-1	Нано	н	-9
пета	П	15	кило	к	3	санти	с	-2	пико	п	-12
тера	Т	12	гекто	г	2	милли	м	-3	фемто	ф	-15
гига	Г	9	дека	да	1	микро	мк	-6	атто	а	-18

Механика.

Кинематика.

Обозн.	Изм.	Смысл
S	м	пройденный путь
v	м/с	скорость
t	с	время
x	м	координата
a	м/с ²	ускорение
ω	с ⁻¹	угловая скорость
T	с	период
ν	Гц	частота
ϵ	с ⁻²	угловое ускорение
R	м	радиус

Скорость и ускорение.

$$\vec{v} = \frac{d\vec{S}}{dt}, \quad \vec{v} = \frac{d\vec{r}}{dt}, \quad \vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt}$$

Равномерное движение: $v = const$

$$S = vt, \quad x = x_0 + vt;$$

Равнопеременное движение:

$$a = const, \quad a = \frac{v - v_0}{t}, \quad a = \frac{v^2 - v_0^2}{2S};$$

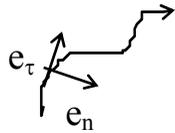
$$S = v_0 t + \frac{at^2}{2}, \quad S = \frac{v^2 - v_0^2}{2a}; \quad v = v_0 + at, \quad v = \sqrt{v_0^2 + 2aS};$$

$$x = x_0 + v_0 t + \frac{at^2}{2};$$

Криволинейное движение.

$$\vec{v} = |v| \cdot \vec{e}_\tau$$

$$\vec{a} = a_\tau \vec{e}_\tau + \frac{v^2}{R} \vec{e}_n, \quad \vec{a} = \vec{a}_\tau + \vec{a}_n$$



Вращательное движение.

$$\vec{\omega} = \frac{d\vec{\varphi}}{dt}, \quad \omega = \frac{v}{R}, \quad \omega = \frac{2\pi}{T}; \quad \vec{\varepsilon} = \frac{d\vec{\omega}}{dt};$$

$$\vec{v} = [\vec{\omega} * \vec{r}], \quad v = \frac{2\pi R}{T}; \quad v = \frac{1}{T}, \quad v = \frac{N}{t};$$

$$a_u = [\vec{\varepsilon} * \vec{r}], \quad a_u = \omega v, \quad a_u = \frac{v^2}{R}, \quad a_u = \frac{4\pi^2 R}{T^2};$$

Динамика и статика.

Обозн.	Изм.	Смысл
F	Н	сила
P	кг*м/с	импульс
a	м/с ²	ускорение
m	кг	масса
v	м/с	скорость
p	Н	вес тела
g	м/с ²	ускорение свободного падения
E	Дж	энергия
A	Дж	работа
N	Вт	мощность
t	с	время
I	кг*м ²	момент инерции
L	кг*м ² /с	момент импульса
M	Н*м	момент силы
ω	с ⁻¹	угловая скорость

Первый закон Ньютона:

$$\text{при } \sum F = 0 \Rightarrow v = const.$$

Второй закон Ньютона.

$$\vec{F} = \frac{d\vec{P}}{dt}, \quad \vec{F} = m\vec{a} + \frac{dm}{dt} \vec{v}, \text{ при } m=const \rightarrow \vec{F} = m\vec{a}$$

Третий закон Ньютона.

$$\vec{F}_{12} = \vec{F}_{21}$$

Основной закон динамики для неинерциальных систем отчета.

$ma = ma_0 + F_{инерц}$, где a - ускорение в неинерциальной a_0 - в инерциальной системе отчета.

Силы разной природы.

$$\text{Скорость центра масс } v_{ц.м.} = \frac{\sum_{i=1}^n P_i}{\sum_{i=1}^n m_i};$$

Закон всемирного тяготения.

$$F = G \frac{m_1 m_2}{R^2},$$

$$g = G \frac{m_{планеты}}{R_{планеты}^2} - \text{ускорение свободного падения на планете.}$$

$$v = \sqrt{m_{пл} G} - \text{первая космическая скорость.}$$

Вес тела.

$$p = mg - \text{вес тела в покое.}$$

$$p = m(g+a) - \text{опора движется с ускорением вверх.}$$

$$p = m(g-a) - \text{опора движется с ускорением вниз.}$$

$$p = m(g - v^2/r) - \text{движение по выпуклой траектории.}$$

$$p = m(g + v^2/r) - \text{движение по вогнутой траектории.}$$

Сила трения.

$$\vec{F} = \mu N,$$

Закон Гука.

$F_{упр} = -kx$, - сила упругости деформированной пружины.

$\sigma = \frac{F}{S}$ - механическое напряжение

$\varepsilon = \Delta l / l_0$ - относительное продольное удлинение (сжатие)

$\varepsilon' = \Delta d / d_0$ - относительное поперечное удлинение (сжатие)

$\frac{\varepsilon'}{\varepsilon} = \mu$, где μ - коэффициент Пуассона.

Закон Гука: $\sigma = E\varepsilon$, где E - модуль Юнга.

$$\vec{F} = \frac{Es\Delta l}{l_0}$$

$W_{кин} = V \frac{E\varepsilon^2}{2}$, кинетическая энергия упругорастянутого

(сжатого) стержня. (V - объем тела)

Динамика и статика вращательного движения.

$\vec{L} = I\vec{\omega}$ - момент импульса

$\vec{M} = \frac{d\vec{L}}{dt}$; $\vec{M} = I\vec{\varepsilon} + \vec{\omega} \frac{dI}{dt}$ - момент силы

$L = const$ - закон сохранения момента импульса.

$M = Fl$, где l - плечо

$I = I_0 + mb^2$ - теорема Штейнера

система	ось	I
точка по окружности	ось симметрии	mR^2
стержень	через середину	$\frac{1}{12} mR^2$
стержень	через конец	$\frac{1}{3} mR^2$
шар	через центр шара	$\frac{2}{5} mR^2$
сфера	через центр сферы	$\frac{2}{3} mR^2$
кольцо или тонкостенный цилиндр	ось симметрии	mR^2
диск сплошной цилиндр	ось симметрии	$\frac{1}{2} mR^2$

Условие равновесия тел $\sum M = 0$

Законы сохранения.

Закон сохранения импульса.

$P = mv$; - импульс тела.

$$\sum F = 0$$

$$Ft = \Delta P$$

Потенциальная и кинетическая энергия. Мощность.

$A = \vec{F} \cdot \vec{S}$ - работа силы F

$$A = \Delta E$$

$N = \frac{dA}{dt}$ - мощность

$E_{кин} = \frac{mv^2}{2}$ - кинетическая энергия

$E_{кин} = \frac{mv^2}{2} + \frac{I\omega^2}{2}$ - кинетическая энергия вращательного

движения.

$E_p = mgh$ - потенциальная энергия поднятого над землей тела.

$E_p = \frac{kx^2}{2}$ - потенциальная энергия пружины

Закон сохранения энергии.

$$E_{к1} + E_{р1} = E_{к2} + E_{р2}$$

Молекулярная физика. Свойства газов и жидкостей.

Обозн.	Изм.	Смысл
p	Па	давление
V	м ³	объем
T	К	температура
N	-	число молекул
m	кг	масса
μ	кг/Моль	молярная масса
ν	Моль	кол-во вещества
U	Дж	вн. энергия газа

Q	Дж	КОЛ-ВО ТЕПЛОТЫ
η	-	КПД

Уравнение состояния.

$pV=NkT$ - уравнение состояния (уравнение Менделеева- Клайперона)

$$N = \nu N_A, \quad \nu = \frac{m}{\mu}, \quad N = \frac{m}{m_0};$$

$$U = \frac{i}{2} Nkt, \quad U = \frac{i}{2} pV \text{ - полная внутренняя энергия системы.}$$

Число атомов	i	$\gamma = \frac{i+2}{i}$
1	3	5/3
2	7	9/7
3	13 (12)	15/13 (7/6)

$p = \frac{1}{3} m_0 \nu v^2$ - основное уравнение молекулярно- кинетической теории.

$p = \sum p_i$ - закон Дальтона для давления смеси газов.

$$n = \frac{N}{V}, \quad p = nkT;$$

$$\text{при } N = \text{const} \rightarrow \frac{pV}{T} = \text{const}$$

$T = \text{const}$ изотерма	$PV = \text{const}$ закон Бойля-Мариотта
$p = \text{const}$ изобара	$V/T = \text{const}$ закон Гей-Люсака
$V = \text{const}$ изохора	$p/T = \text{const}$ закон Шарля

Броуновское движение.

$$\langle v^2 \rangle = \frac{3kT}{m_0} \text{ среднеквадратичная скорость молекул.}$$

$v = \sqrt{2kT / m_0}$ - наиболее вероятная скорость молекул.

$v = \sqrt{\frac{8kT}{\pi m_0}}$ - средняя арифметическая скорость молекул.

$f(v) = 4\pi \left(\frac{m_0}{2\pi kT} \right)^{3/2} v^2 e^{-\frac{m_0 v^2}{2kT}}$ - Закон Максвелла для распределения молекул идеального газа по скоростям.

Среднее число соударений молекулы за 1с: $\langle z \rangle = \sqrt{2} \pi d^2 n \langle v \rangle$

Средняя длина свободного пробега молекул $\langle l \rangle = \frac{1}{\sqrt{2} \pi d^2 n}$

$\langle r \rangle = \frac{\langle v \rangle t}{n \sqrt{2} \pi d^2}$ - средний путь молекулы за время t .

Распределение в потенциальном поле.

$p_h = p_0 e^{-\frac{mgh}{kT}}$ - барометрическая формула.

$n_h = n_0 e^{-\frac{mgh}{kT}}$ - распределение Больцмана.

Термодинамика.

$\Delta U = \Delta Q - A$ - первое начало термодинамики.

$A = p\Delta V$ - работа газа.

$V^\gamma p = \text{const}$ - уравнение адиабаты.

Теплоемкость $C = \frac{dQ}{dT}$, удельная теплоемкость $c = C/m$.

Название	Опред.	Уравнение	A	Q	C
Изохора	$V = \text{const}$	$Q = \Delta U$	0	$Nk\Delta T / (\gamma - 1)$	$Nk / (\gamma - 1)$
Изобара	$p = \text{const}$	$\Delta U = Q + p\Delta V$	$p\Delta V$	$\gamma p\Delta V / (\gamma - 1)$	$\gamma Nk / (\gamma - 1)$
Изотерма	$T = \text{const}$	$Q = A$	$NkT \ln \frac{V_1}{V_2}$ $p_1 V_1 \ln \frac{p_1}{p_2}$	A	∞

Адиабата	$Q=const$	$\Delta U=-A$	$\frac{1}{\gamma-1} p_1 V_1 \left(1 - \left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{\gamma-1}\right)$	0	0
----------	-----------	---------------	---	---	---

Тепловой баланс.

$$Q_{отд} = Q_{получ}$$

$$Q = c m \Delta T \quad - \text{теплота на нагрев (охлаждение)}$$

$$Q = r m \quad - \text{Теплота парообразования (конденсации)}$$

$$Q = \lambda m \quad - \text{плавление (кристаллизация)}$$

$$Q = q m \quad - \text{сгорание.}$$

Тепловое расширение.

$$l = l_0(1 + \alpha \Delta T) \quad V = V_0(1 + \beta \Delta T)$$

Тепловые машины.

$$\eta = \frac{A}{Q} \quad - \text{коэффициент полезного действия}$$

$$\eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1}, \quad \eta_{\max} = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$$

Гидростатика, гидродинамика.

Обозн.	Изм.	Смысл
p	Па	давление
V	м ³	объем
m	кг	масса
σ	Н/м	коэффициент поверхностного натяжения
v	м/с	скорость жидкости
S	м ²	площадь
ρ	кг/м ³	плотность
h	м	высота столба жидкости.

$$p = \frac{F_{\text{давл}}}{S}, \quad p = \rho g h \quad (\text{давление на глубине } h).$$

$$\rho = \frac{m}{V} \quad - \text{плотность.}$$

$$F_A = g \rho_{\text{жид}} V_{\text{тела}} \quad (\text{сила Архимеда}).$$

$$\frac{F_1}{S_1} = \frac{F_2}{S_2} \quad - \text{(гидравлический пресс).}$$

$$\rho h = const \quad - \text{закон сообщающихся сосудов.}$$

$$\rho S v = const \quad - \text{уравнение неразрывности.}$$

$$\frac{\rho v^2}{2} + \rho g h + p = const \quad - \text{уравнение Бернулли } \left(\frac{\rho v^2}{2} \text{ - динамическое, } p \text{ - статическое, } \rho g h \text{ - гидростатическое давление.}\right)$$

$$F_{\text{н.н.}} = \sigma l \quad E_{\text{н.н.}} = \sigma S \quad - \text{сила и энергия поверхностного натяжения.}$$

$$h = \frac{2\sigma}{\rho g r} \quad - \text{высота подъема жидкости в капилляре.}$$

Электрические и электромагнитные явления.

Электростатика.

$$F_K = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{|q_1| \cdot |q_2|}{r^2} \quad - \text{закон Кулона.}$$

$$E = \frac{F}{q}, \quad E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{|q|}{r^2} \quad - \text{напряженность электрического поля}$$

$$\vec{E} = \sum \vec{E}_i \quad - \text{принцип суперпозиции полей.}$$

$$\Phi = \vec{E} \cdot \vec{S} \quad - \text{поток через площадку } S.$$

$$\oint_S \vec{E} \cdot d\vec{S} = \frac{\sum q_{\text{внутр}}}{\epsilon_0} \quad - \text{теорема Гаусса.}$$

$$\oint_L \vec{E} \cdot d\vec{l} = 0 \quad - \text{теорема о циркуляции.}$$

$$\varphi = \frac{W}{q}, \quad \varphi = - \int \vec{E} \cdot d\vec{r} \quad - \text{потенциал.}$$

плоскость	$\varepsilon = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}$	$\varphi = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0} x $
сфера	$\varepsilon = \begin{cases} 0, & \text{при } r < R \\ \frac{\sigma R^2}{\varepsilon_0 r^2}, & \text{при } r \geq R \end{cases}$	$\varphi = \begin{cases} -\frac{\sigma R}{\varepsilon_0}, & \text{при } r < R \\ -\frac{\sigma R}{\varepsilon_0 r}, & \text{при } r \geq R \end{cases}$
шар	$\varepsilon = \begin{cases} \frac{\rho r}{3\varepsilon_0}, & \text{при } r < R \\ \frac{\rho R^3}{3r^2\varepsilon_0}, & \text{при } r \geq R \end{cases}$	$\varepsilon = \begin{cases} -\frac{\rho(3R^2 - r^2)}{6\varepsilon_0}, & \text{при } r < R \\ -\frac{\rho R^3}{3r^2\varepsilon_0}, & \text{при } r \geq R \end{cases}$
цилиндр (пустой)	$\varepsilon = \begin{cases} 0, & \text{при } r < R \\ \frac{\tau}{2\pi\varepsilon_0 r}, & \text{при } r \geq R \end{cases}$	

$$A = q \int_A^B E \cdot dl, \quad A = q(\varphi_1 - \varphi_2)$$

$$U = \varphi_1 - \varphi_2, \quad U = \frac{A}{q}, \quad U = E\Delta d$$

$$C = \frac{q}{\varphi} \quad \text{- емкость уединенного проводника.}$$

$$C = \frac{q}{U}, \quad C = \frac{\varepsilon\varepsilon_0 S}{d}, \quad W = \frac{qU}{2} = \frac{CU^2}{2} = \frac{q^2}{2C} \quad \text{плоский конденса-}$$

$$\text{тор.} \quad C = 4\pi\varepsilon\varepsilon_0 r \quad \text{- емкость заряженного шара.}$$

$$C = 4\pi\varepsilon\varepsilon_0 \frac{r_1 r_2}{r_2 - r_1} \quad \text{- емкость сферического конденса-}$$

$$\text{тора.} \quad C_{\text{парал}} = \sum C_i \quad \frac{1}{C_{\text{послед}}} = \sum \frac{1}{C_i} \quad \text{- батарея конденсаторов.}$$

$$p = qd \quad \text{- дипольный момент.}$$

$$P = \frac{\sum p_i}{V} \quad \text{поляризованность диэлектрика.}$$

$$P = \chi\varepsilon_0 E \quad \text{где } \chi \text{ - диэлектрическая восприимчивость.}$$

$$\varepsilon = 1 + \chi \quad \varepsilon = \frac{E}{E_{\text{вак}}} \quad \varepsilon \text{ - диэлектрическая проницаемость.}$$

$$\oint \varepsilon E ds = \frac{\sum q_{\text{связ}}}{\varepsilon_0} \quad \text{- теорема Гаусса для диэлектриков.}$$

Электродинамика. Постоянный ток.

$$I = \frac{q}{\Delta t}, \quad I = qnSv, \quad j = \frac{I}{S} = qnv$$

$$I = \frac{U}{R}, \quad I = \frac{\varepsilon}{R+r}, \quad j = \frac{E}{\rho} = E\gamma \quad \text{Закон Ома.}$$

$$R = \rho \frac{l}{S}; \quad R = R_0(1 + \alpha\Delta T) \quad \text{- Зависимость сопротивления про-}$$

$$\text{водника от температуры} \quad \varepsilon = \frac{A_{\text{см}}}{q}, \quad A_{\text{см}} = \varepsilon I \Delta t, \quad I_{\text{к.з.}} = \frac{\varepsilon}{r}$$

$$Q = A = IU\Delta t = I^2 R \Delta t = \frac{U^2}{R} \Delta t \quad \text{- закон Джоуля-Ленца.}$$

$$P = \frac{dA}{dt} = IU = I^2 R = \frac{U^2}{R} \quad \omega = \gamma E^2 = \frac{E^2}{\rho} = jE$$

$$\sum I_i = 0 \quad \text{- правило Кирхгофа для узлов.}$$

$$\sum I_i R_i = \sum \varepsilon_k \quad \text{- правило Кирхгофа для контуров.}$$

$$\text{Последовательное соединение проводников: } I = \text{const,}$$

$$U = \sum U_i, \quad R = \sum R_i$$

$$\text{Параллельное соединение: } I = \sum I_i, \quad U = \text{const,} \quad \frac{1}{R} = \sum \frac{1}{R_i}$$

Законы электролиза.

$m = kq = k\Delta T$ - первый закон Фарадея.

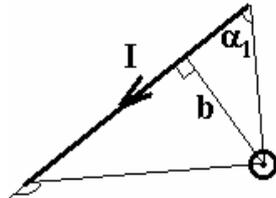
$k = \frac{\mu}{neN_A}$ - второй закон Фарадея.

Электромагнетизм.

$F_{\text{Лор}} = q[\vec{v} * \vec{B}]$, $F_L = Bqv$ - сила Лоренца.

$F_A = BIl$ - сила Ампера, действующая на проводник длиной l .

$$\vec{B} = \frac{[\vec{v} * \vec{E}]}{c^2}, \quad \vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{q[\vec{v} * \vec{r}]}{r^3}$$



$\vec{B} = \frac{\mu_0 I}{2\pi b} (\cos \alpha_1 - \cos \alpha_2)$ магнитная индукция поля в точке.

$\vec{B} = \frac{\mu_0 I}{2R}$ - магнитная индукция в центре витка.

$\vec{B} = \mu_0 I \frac{N}{l}$ - индукция внутри соленоида.

$\vec{B} = \frac{\mu\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{2I}{R}$ индукция поля проводника на расстоянии R от оси.

$$\oint \vec{B} d\vec{S} = 0 \quad \oint \vec{B} d\vec{l} = \mu_0 \sum I_{\text{внутр}}$$

$\vec{B} = \mu\mu_0 \vec{H}$ связь между магнитной индукцией и напряженностью магнитного поля.

$\vec{B} = \sum \vec{B}_i$ - принцип суперпозиции магнитных полей.

$F = \mu\mu_0 \frac{I_1 I_2}{2\pi R}$ - сила взаимодействия двух проводников.

$\Phi = \vec{B} d\vec{S}$ магнитный поток.

$W_{\text{м.п.}} = \frac{LI^2}{2}$ - энергия магнитного поля.

$$L = \frac{\Phi}{I}$$

$\varepsilon_i = -\frac{d\Phi}{dt}$ ЭДС индукции в замкнутом контуре.

$\varepsilon_{\text{ис}} = -L \frac{dI}{dt}$ ЭДС самоиндукции.

Колебания и волны. Оптика. Акустика.

Механические и электромагнитные колебания.

$x = A \cos(\omega_0 t + \varphi)$ - уравнение гармонических колебаний.

$v = -A\omega_0 \sin(\omega_0 t + \varphi)$, $a = -A\omega_0^2 \cos(\omega_0 t + \varphi) = -\omega_0^2 x$

$E = \frac{1}{2} mA^2 \omega_0^2$ - полная энергия колеблющейся точки.

$$T = \frac{2\pi}{\omega}$$

Система.	Период	Цикл. частота	Уравнение
Математический маятник.	$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$	$\omega = \sqrt{\frac{g}{l}}$	$\ddot{\alpha} + \frac{g}{l}\alpha = 0$
Пружинный маятник.	$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{g}}$	$\omega = \sqrt{\frac{g}{m}}$	$\ddot{x} + \frac{k}{m}x = 0$
Физический маятник.	$T = 2\pi\sqrt{\frac{I}{mgb}}$	$\omega = \sqrt{\frac{mgb}{I}}$	$\ddot{\alpha} + \frac{mgb}{I}\alpha = 0$
Колебательный контур.	$T = 2\pi\sqrt{LC}$	$\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}}$	$\ddot{q} + \frac{1}{LC}q = 0$

Сложение колебаний.

$$A^2 = A_1^2 + A_2^2 + 2A_1A_2 \cos(\varphi_2 - \varphi_1), \text{ при } \omega_1 = \omega_2$$

$$x = x_1 + x_2 = \hat{x}_{m1} e^{i\omega_1 t} + \hat{x}_{m2} e^{i\omega_2 t} = \hat{x}_{m1} e^{i\omega_1 t} \left(1 + \frac{\hat{x}_{m2}}{\hat{x}_{m1}} e^{i\Delta\omega t}\right)$$

$$T = \frac{2\pi}{\Delta\omega} - \text{период пульсации.}$$

Затухающие колебания.

$$\omega = i\lambda \pm \omega_0, \quad \omega_0 = \sqrt{\omega^2 - \lambda^2}$$

$$x = \hat{x}_m e^{-\lambda t} e^{\pm i\omega_0 t}$$

$$q = q_0 e^{-\lambda t} e^{-t \sqrt{\frac{R^2}{4L} - \frac{1}{LC}}}$$

Переменный ток.

$$I_m = \frac{\varepsilon}{Z}$$

$Z = Z_R + Z_L + Z_C$ - полный импеданс цепи.

$$Z_R = R, \quad Z_L = i \omega L, \quad Z_C = -i \frac{1}{\omega C}$$

$$Z = \sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2} - \text{модуль полного импеданса цепи.}$$

$$I_{\text{действ}} = \frac{I_m}{\sqrt{2}}, \quad U_{\text{действ}} = \frac{U_m}{\sqrt{2}} - \text{действующие значения.}$$

Упругие волны.

$$\text{Скорость волны в газе: } c = \sqrt{\gamma \frac{kT}{m_0}}, \text{ в твердом теле: } c = \sqrt{\frac{E}{\rho}}$$

$$\lambda = vT, \quad v = \lambda \nu$$

$$\text{уравнение плоской волны: } \xi(x, t) = A \cos(\omega t - kx + \varphi_0)$$

Отражение

$$\alpha_{\text{над}} = \alpha_{\text{отр}}$$

$$\Delta\varphi = \begin{cases} \pi, & \text{при } \rho_1 < \rho_2 \\ 0, & \text{при } \rho_1 > \rho_2 \end{cases}$$

Преломление

$$\frac{\sin \alpha_{\text{над}}}{\sin \alpha_{\text{прел}}} = \frac{c_2}{c_1}$$

$$\Delta\varphi = 0$$

$$\lim \alpha_{\text{над}} = \arcsin(c_2/c_1)$$

$$\text{Интерференция: } \Delta_{\text{max}} = \pm 2m \frac{\lambda}{2}, \quad \Delta_{\text{min}} = \pm (2m + 1) \frac{\lambda}{2}$$

$$\Delta x = A_1 \cos(\omega t - kx_1) + A_2 \cos(\omega t - kx)$$

$$\text{фазовая } v \text{ и групповая } u \text{ скорости: } v = \frac{\omega}{k}, \quad u = \frac{d\omega}{dk}, \quad u = v - \lambda \frac{dv}{d\lambda}$$

$$v = \frac{(v \pm v_{\text{прием}})}{(v \mp v_{\text{источ}})} v_0 - \text{эффект Доплера.}$$

Электромагнитные волны.

$$v = \frac{1}{\sqrt{\varepsilon_0 \mu_0}} \cdot \frac{1}{\sqrt{\varepsilon \mu}} = \frac{c}{\sqrt{\varepsilon \mu}} - \text{фазовая скорость}$$

$$E \sqrt{\varepsilon_0 \varepsilon} = H \sqrt{\mu_0 \mu}$$

Отражение

$$\alpha_{\text{над}} = \alpha_{\text{отр}}$$

$$\Delta\varphi = \begin{cases} \pi, & \text{при } \rho_1 < \rho_2 \\ 0, & \text{при } \rho_1 > \rho_2 \end{cases}$$

Преломление

$$\frac{\sin \alpha_{\text{над}}}{\sin \alpha_{\text{прел}}} = \frac{c_2}{c_1}$$

$$\Delta\varphi = 0$$

$$\lim \alpha_{\text{над}} = \arcsin(c_2/c_1)$$

Оптика

$$\Delta = n_1 x_1 - n_2 x_2 - \text{разность хода.}$$

$$v = \frac{c}{n} - \text{скорость света в среде}$$

$$\frac{\sin \theta_{\text{над}}}{\sin \theta_{\text{отр}}} = \frac{n_2}{n_1} - \text{закон преломления.}$$

$$\frac{1}{f} + \frac{1}{d} = \frac{1}{F} = D - \text{формула линзы.}$$

$$K = \frac{h}{H} = \frac{f}{d} - \text{увеличение линзы.}$$

Квантовая физика и теория относительности.

$E = h\nu$ - энергия фотона. h - постоянная Планка

$$h\nu = A_{\text{вых}} + \frac{mv^2}{2} - \text{фотоэффект}$$

$$E = m_0c^2 + \frac{mv^2}{2} - \text{полная энергия.}$$

$$m = m_0 / \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

$$t' = t / \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

$$l = l_0 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

$$S^2 = c^2t^2 - l^2 = inv$$

Атомная физика.

$$r_n = \frac{4\pi\epsilon_0 \hbar^2 n^2}{mZe^2} = a_0 \frac{n^2}{Z}$$

$$N = N_0 \cdot 2^{-\frac{t}{T}} - \text{закон распада}$$

Литература

1. Кабардин О.Ф. Физика
2. Трофимова Т.И. Физика 500 основных законов и формул.